

### 3 Элементы управления объемными гидравлическими приводами (гидроаппараты)

*Гидроаппаратом* называется устройство, предназначенное для изменения или поддержания заданного постоянного давления или расхода рабочей жидкости, либо для изменения направления потока рабочей жидкости. Гидроаппаратура подразделяется на регулирующую и направляющую.

*Регулирующая гидроаппаратура* изменяет давление, расход и направление потока рабочей жидкости за счет частичного открытия рабочего проходного сечения.

*Направляющая гидроаппаратура* предназначена только для изменения направления потока рабочей жидкости путем полного открытия или закрытия рабочего проходного сечения.

Рабочее проходное сечение гидроаппаратов изменяется при изменении положения *запорно-регулирующего элемента*, входящего в их конструкцию.

По принципу действия запорно-регулирующего элемента:

- гидроклапаны;
- гидроаппаратура неклапанного действия (дроссели).

В зависимости от конструкции запорно-регулирующего элемента гидроаппараты подразделяют на:

- золотниковые;
- крановые;
- клапанные.

По внешнему воздействию на запорно-регулирующий элемент:

- регулируемые;
- настраиваемые.

*Гидроклапаном* называется гидроаппарат, в котором величина открытия рабочего проходного сечения изменяется от воздействия проходящего через него потока рабочей жидкости.

По характеру воздействия на запорно-регулирующий элемент гидроклапаны могут быть прямого и непрямого действия. В *гидроклапанах прямого действия* величина открытия рабочего проходного сечения изменяется в результате непосредственного воздействия потока рабочей жидкости на запорно-регулирующий элемент. В *гидроклапанах непрямого действия* поток сначала воздействует на вспомогательный запорно-регулирующий элемент, перемещение которого вызывает изменение положения основного запорно-регулирующего элемента.

*Гидроаппаратом неклапанного действия* называется гидроаппарат, в котором величина открытия рабочего проходного сечения не зависит от воздействия потока проходящей через него рабочей жидкости. Такие гидроаппараты иначе называют *дросселями*. С точки зрения положений гидравлики дроссель представляет собой активное гидравлическое сопротивление.

### 3.1 Напорные гидроклапаны

Напорные гидроклапаны предназначены для ограничения давления в подводимых к ним потоках рабочей жидкости. На рисунок 3.1 приведены принципиальные схемы напорных клапанов прямого действия с шариковым, конусным, плунжерным и тарельчатым запорно-регулирующими элементами.

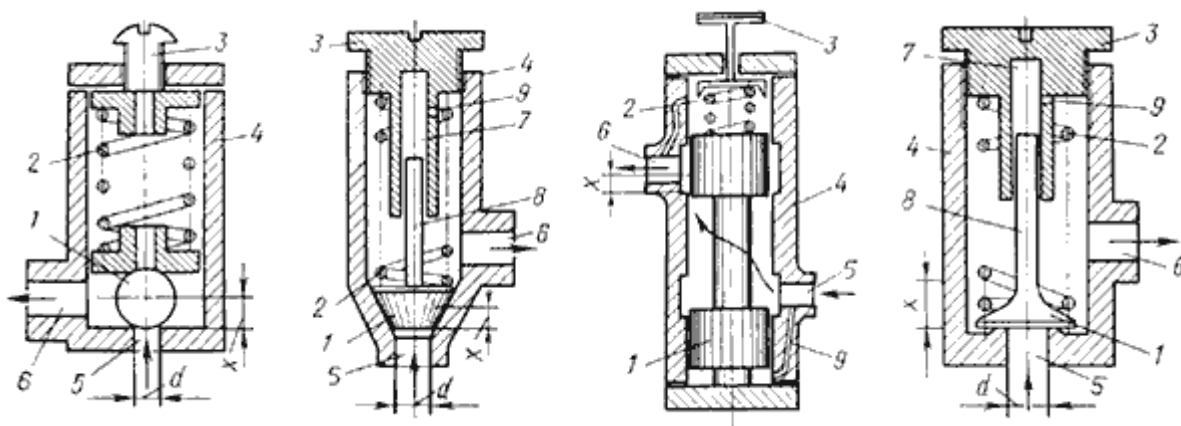


Рисунок 3.1 - Принципиальные схемы напорных клапанов с запорно-регулирующими элементами: а - с шариковым; б - с конусным; в - с золотниковым; г - с тарельчатым

Клапан состоит из запорно-регулирующего элемента 1 (шарика, конуса и т.д.), пружины 2, натяжение которой можно изменять регулировочным винтом 3. Отверстие 5 корпуса 4 соединяется с линией высокого давления, а отверстие 6 - со сливной линией. Часть корпуса, с которой запорно-регулирующий элемент клапана приходит в соприкосновение, называется седлом (посадочным местом).

При установке клапана в гидросистему пружина 2 настраивается так, чтобы создаваемое ею давление было больше рабочего, тогда запорно-регулирующий элемент будет прижат к седлу, а линия слива будет отделена от линии высоко давления. При повышении давления в подводимом потоке сверх регламентированного запорно-регулирующий элемент клапана перемещается вверх, преодолевая усилие пружины, рабочее проходное сечение клапана открывается, и гидролиния высокого давления соединяется со сливной. Вся рабочая жидкость идет через клапан на слив. Как только давление в напорной гидролинии упадет, клапан закроется, и если причина, вызвавшая повышение давления не будет устранена, процесс повторится. Возникает вибрация запорно-регулирующего элемента, сопровождаемая ударами о седло и колебаниями давления в системе. Вибрация и удары могут служить причиной износа и потери герметичности клапанов.

Для уменьшения силы удара и частоты колебаний клапана о седло применяют специальные гидравлические демпферы (рисунок 3.1, б, г). Устройство состоит из камеры 7, в которой перемещается плунжер 8. Камера заполнена жидкостью. С линией слива эта камера соединяется тонким калибровочным отверстием 9 диаметром 0,8...1 мм. При открывании клапана

плунжер вытесняет жидкость из камеры демпфера. Создаваемое при этом гидравлическое сопротивление, пропорциональное скорости движения плунжера, уменьшает частоту колебаний, силу удара запорно-регулирующего элемента и частично устраняет его вибрацию.

Достоинство клапанов прямого действия - высокое быстродействие. Недостаток - увеличение размеров при повышении рабочего давления, а также нестабильность работы.

При конструировании напорных клапанов их габарит и массу можно уменьшить, если применить дифференциальные клапаны или клапаны непрямого действия.

Дифференциальный клапан (рисунок 3.2) состоит из плунжера 1, который имеет два пояска диаметрами  $D$  и  $d$ , на которые воздействует жидкость.

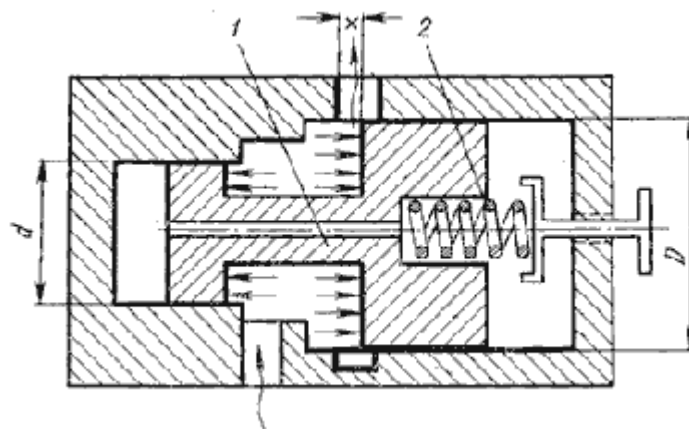


Рисунок 3.2 - Принципиальная схема дифференциального клапана

Благодаря наличию поясков с разными диаметрами уменьшается активная площадь запорно-регулирующего элемента клапана, на которую воздействует жидкость, и он оказывается частично разгруженным. Это позволяет уменьшить размеры пружины и всего клапана в целом. Начальная сила натяжения пружины 2 определяется из уравнения

$$F_{\text{пр}} = P \left( \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right)$$

С уменьшением разности площадей поясков хотя и уменьшается усилие пружины, но одновременно уменьшается и соотношение действующих на запорно-регулирующий элемент клапана сил давления жидкости и сил трения этого элемента о корпус клапана. При определенных соотношениях  $D$  и  $d$  эти силы могут оказаться несоизмеримы между собой и клапан перестанет работать. Поэтому в реальных конструкциях дифференциальных клапанов принимают следующее соотношение:

$$\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \leq \frac{1}{4} \frac{\pi d^2}{4}$$

Недостатком дифференциальных клапанов является скачкообразное изменение давления и расхода через клапан в момент его открытия. Поэтому величину хода запорно-регулирующего элемента клапана ограничивают величиной

$$x = \frac{1}{16D} (D^2 - d^2)$$

Еще большего уменьшения размеров пружины и всего клапан в целом при одновременном повышении его герметичности можно достигнуть в клапанах непрямого действия (рисунок 3.3).

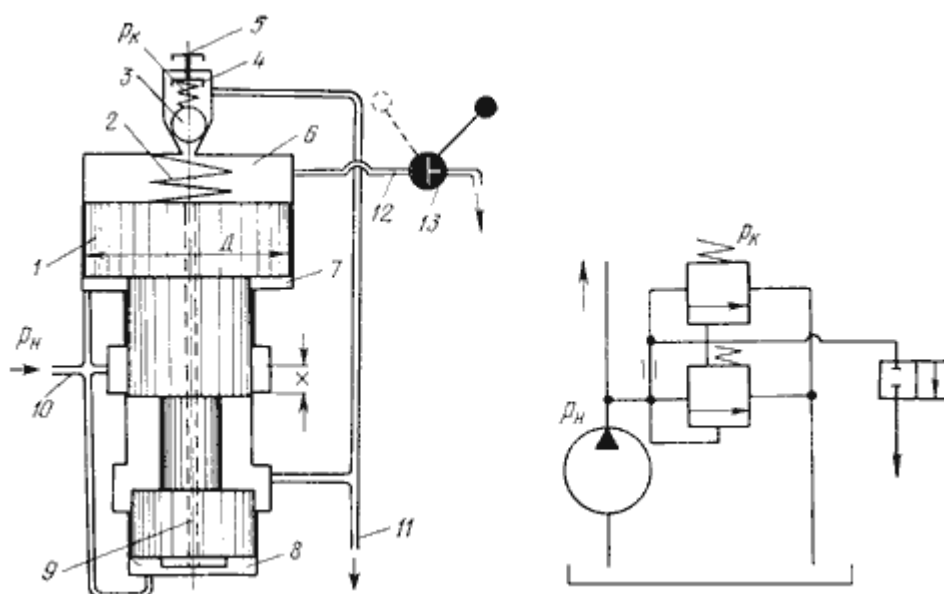


Рисунок 3.3 - Напорный клапан непрямого действия: а - принципиальная схема; б - условное обозначение

Клапан состоит из основного запорно-регулирующего элемента - золотника 1 ступенчатой формы; нерегулируемой пружины 2 и вспомогательного запорно-регулирующего элемента 3 в виде шарикового клапана прямого действия. Усилие пружины 4 шарикового клапана регулируется винтом 5. Каналами в корпусе клапана полости 7 и 8 соединены с гидролинией 10 высокого давления. Полость 6 соединена с полостью 8 капиллярным каналом 9 в золотнике. Пружина шарикового клапана 3 настраивается на давление  $P_K$  (на 10-20% больше максимального рабочего в гидросистеме).

Если при работе машины давление в гидросистеме  $P_H < P_K$ , шариковый клапан закрыт, в полостях 6, 7, 8 устанавливается одинаковое давление  $P_H$ , золотник 1 под воздействием пружины 2 занимает крайнее нижнее положение, а гидролиния высокого давления 10 отделена от гидролинии слива 11 (положение клапана соответствует изображенному на рисунок 3.3). Изменение давление в гидросистеме вызывает изменения давления в

полостях 6, 7, 8 клапана. В тот момент, когда давление  $P_H$  превысит  $P_K$ , шариковый клапан 3 откроется и через него жидкость в небольшом количестве начнет поступать на слив. В капиллярном канале золотника создается течение жидкости с потерей давления на преодоление гидравлических сопротивлений. Вследствие этого давление жидкости в полости 6 станет меньше давления в полостях 7 и 8. Под действием образовавшегося перепада давлений золотник 1 переместится вверх, сжимая пружину и соединяя линию 10 с линией 11. Рабочая жидкость будет поступать на слив, и перегрузки гидросистемы не произойдет. Однако как только линия высокого давления соединится со сливом, давление жидкости в гидросистеме уменьшится до  $P_H < P_K$ , шариковый клапан закроется и течение жидкости по капиллярному каналу прекратится. Давление в полостях 6, 7 и 8 выровняется и под воздействием пружины 2 золотник возвратится в исходное положение, снова отделив линию высокого давления от слива. Если причина, вызвавшая повышение давления в гидросистеме, не будет устранена, процесс повторится и золотник в конечном итоге установится на определенной высоте, при которой давление в гидросистеме будет поддерживаться постоянным.

Когда клапан находится в работе, золотник совершает колебательные движения. Уменьшению колебаний золотника способствует полость 7, оказывающая на него демпфирующее влияние.

Для разгрузки системы или какого-либо ее участка клапаны непрямого действия могут управляться дистанционно. Для этого полость 6 посредством канала 12 и крана 13 необходимо соединить со сливом. В результате давление в полости 6 резко упадет, золотник 1 поднимется вверх, а линия высокого давления 10 соединится со сливом 11.

По сравнению с клапанами прямого действия клапаны непрямого действия обладают рядом преимуществ:

1. Плавность и бесшумность работы.
2. Повышенная чувствительность.
3. Давление на входе в клапан поддерживается постоянным и не зависит от расхода рабочей жидкости через клапан.

### **3.2 Редукционный клапан**

Редукционным называют гидроклапан давления, предназначенный для поддержания в отводимом от него потоке рабочей жидкости более низкого давления, чем давление в подводимом потоке. В гидроприводах находят применение в основном два типа редукционных клапанов.

*Первый тип* клапанов обеспечивает установленное соотношение между давлениями на входе и выходе из клапана.

Редукционный клапан (рисунок 3.4) состоит из запорно-регулирующего элемента - плунжера 1, прижатого к седлу пружиной 2, сила натяжения которой регулируется винтом 3. Отверстие 4 корпуса соединяется с гидролинией высокого давления, а отверстие 5 с гидролинией низкого

давления. В исходном положении клапан прижат к седлу, а вход клапана отделен от выхода. При повышении давления  $P_1$  плунжер поднимается и гидролиния высокого давления соединяется с гидролинией низкого давления. Чем больше давление  $P_1$ , тем больше открывается проходное сечение клапана и тем больше становится давление  $P_2$ .

Таким образом, давление  $P_2$  зависит от давления на входе клапана, от начальной силы натяжения  $P_{np}$  и жесткости пружины с

$$P_2 = \frac{P_1 \left( \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4} \right) - P_{np} - cx}{\frac{\pi d_2^2}{4} - \frac{\pi d_1^2}{4}}$$

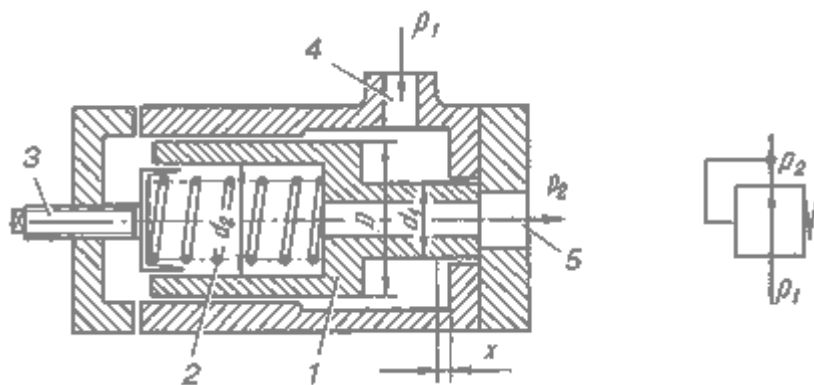


Рисунок 3.4 - Редукционный клапан: а - принципиальная схема; б - условное обозначение

*Второй тип* редукционного клапана поддерживает постоянное редуцированное давление на выходе независимо от колебания давления в подводимом и отводимом потоках рабочей жидкости. Такие редукционные клапаны могут быть прямого и непрямого действия.

Рассмотрим работу редукционного клапана непрямого действия (рисунок 3.5). Клапан состоит из основного запорно-регулирующего элемента - золотника 1 ступенчатой формы, нагруженного нерегулируемой пружиной 2 с малой жесткостью, и вспомогательного запорно-регулирующего элемента 5 в виде шарикового клапана. Силу натяжения пружины 4 шарикового клапана можно изменять винтом 3. В корпусе клапана имеются каналы, соединяющие полости 7 и 8 с выходом, а в золотнике 1 - капиллярный канал 9, соединяющий полость 6 с полостью 8, а через последнюю и с выходом клапана.

Если пружина 4 настроена на давление большее, чем давление  $P_1$  на входе клапана, то золотник 1 занимает исходное положение (показано на рисунок 3.5). В этом случае в полостях 6, 7 и 8 будет одинаковое давление, равное  $P_1$ , полость 10 соединена с полостью 11, а жидкость свободно протекает через клапан. Редуцирования давления при этом не происходит. При настройке пружины 4 на давление  $P_2 < P_1$  шариковый клапан откроется

и жидкость в небольшом количестве из полости 6 будет поступать на слив. В капиллярном канале 9 золотника создается течение жидкости с потерей в нем давления на преодоление гидравлических сопротивлений. В результате давление в полости 6 упадет и золотник поднимется вверх, уменьшив площадь живого сечения между полостями 10 и 11.

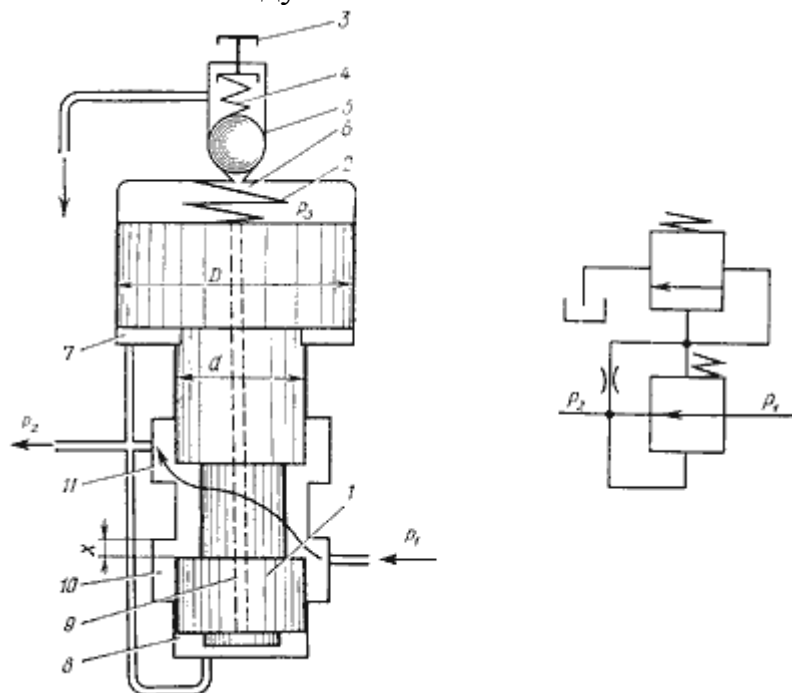


Рисунок 3.5 - Редукционный клапан непрямого действия: а - принципиальная схема; б - условное обозначение

Это в свою очередь вызовет понижение давления в полостях 11, 8 и 7, опускание золотника и увеличение площади живого сечения между полостями 10 и 11. Процесс повторится снова, и золотник, совершая колебательные движения, установится на определенной высоте. Всякое изменение давления на входе или выходе клапана вызывает ответное перемещение золотника. В конечном итоге за счет изменения дросселирования давление на выходе клапана поддерживается постоянным. В этом клапане полость 7 и узкий канал, соединяющий полость с выходом клапана, оказывают демпфирующее влияние на золотник, уменьшая его колебания.

### 3.3 Обратные гидроклапаны

*Обратным гидроклапаном* называется направляющий гидроаппарат, предназначенный для пропускания рабочей жидкости только в одном направлении. Они могут иметь различные запорно-регулирующие элементы: шариковый, конусный, тарельчатый или плунжерный.

В соответствии со своим назначением обратный клапан должен быть герметичным в закрытом положении, т.е. в исходном положении запорно-регулирующего элемента. Для достижения абсолютной герметичности в

закрытом положении применяют обратные клапаны с двумя или тремя последовательно соединенными запорно-регулирующими элементами. Пружина обратных клапанов нерегулируемая, ее сила натяжения должна обеспечивать лишь преодоление сил трения и инерцию, а также быстрое возвращение в исходное положение запорно-регулирующего элемента.

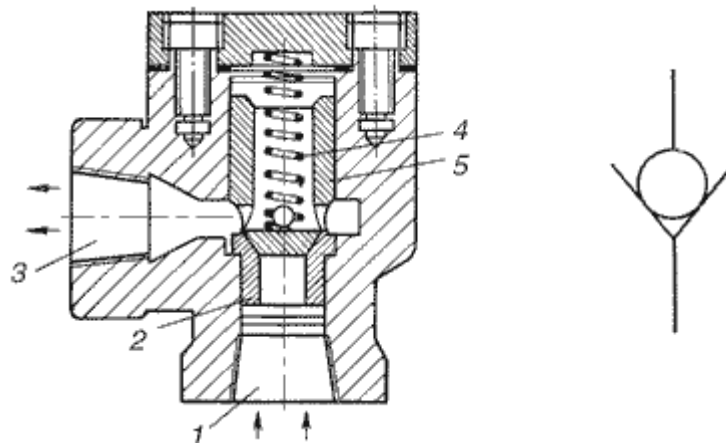


Рисунок 3.6 - Обратный клапан типа Г51: а - конструкция; б - условное обозначение

Обратный клапан Г51 (рисунок 3.6) имеет конусный запорно-регулирующий элемент 5. При подводе рабочей жидкости к отверстию 1 запорно-регулирующий элемент 5 поднимается над седлом 2, преодолевая силу натяжения пружины 4. Жидкость свободно проходит к отверстию 3. При изменении направления потока рабочей жидкости запорно-регулирующий элемент 5 прижат к седлу и блокирует отверстие 1.

В гидросистемах многих мобильных машин обратные клапаны с шариковым рабочим органом применяют в блокировочном устройстве резиновых шлангов (рисунок 3.7).

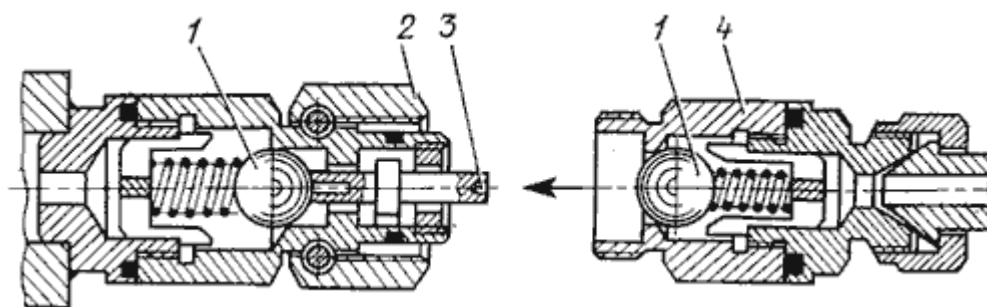


Рисунок 3.7 - Блокировочное устройство

Блокировочное устройство имеет подпружиненные шарики 1, которые при разъединении трубопроводов блокируют поток. При соединении труб путем навинчивания гайки 2 на штуцер 4 толкатель 3 отжимает шарики от их седел, позволяя жидкости свободно проходить через устройство.

В гидроприводе обратные клапаны применяют: как подпорные; для создания нерегулируемого противодействия в сливной магистрали

гидродвигателя; для блокировки вертикально расположенного поршня от самопроизвольного опускания при выключенном приводе; для неуправляемого пропуска рабочей жидкости в одном направлении и управляемого в другом (совместно с дросселем); для исключения утечек жидкости из гидросистемы при демонтаже и т.д. Как конструктивный элемент обратный клапан включен в конструкцию разделительных панелей, напорных клапанов, дросселей и регуляторов потока, в золотники с гидравлическим управлением, в насосы и гидравлические двигатели, в гидрозамки и т.д.

### 3.4 Ограничители расхода

*Ограничителем расхода* называется клапан, предназначенный для ограничения расхода в гидросистеме или на каком-либо ее участке.

Принципиальная схема ограничителя расхода приведена на рисунок 3.8, а. Он состоит из подвижного поршня 3 и нерегулируемой пружины 6, помещенных внутри корпуса 7. В поршне имеется калибровочное отверстие 2 (нерегулируемый дроссель), а корпусе - окна 4. В сочетании с поршнем 3 окна 4 представляют собой регулируемый дроссель. В исходном положении пружина стремится передвинуть поршень в крайнее левое положение и открыть окна 4. При включении ограничителя расхода в гидросистему жидкость поступает в отверстие 1 и далее проходит через дроссель 2 и окна 4 к отверстию 5. При достижении жидкости через ограничитель расхода у дросселя 2 создается перепад давлений. При увеличении расхода перепад давлений увеличивается и поршень перемещается вправо, частично или полностью перекрывая окна 4. Когда расход в гидросистеме уменьшится, перепад давлений также уменьшится и поршень переместится влево, увеличив открытие окон.

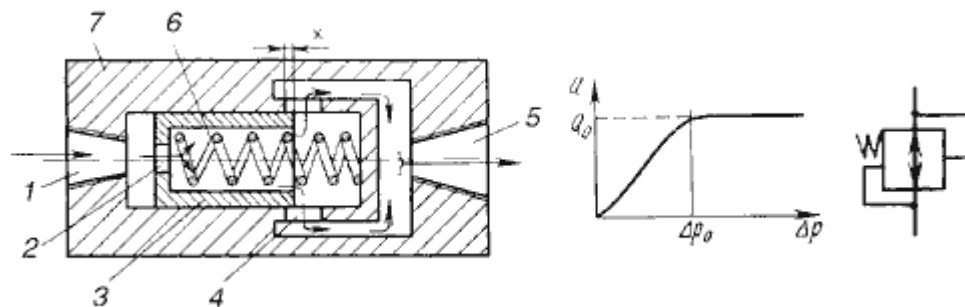


Рисунок 3.8 - Ограничитель расхода: а - принципиальная схема; б - зависимость  $Q=f(\Delta P)$ ; в - условное обозначение

При значении перепада давления  $\Delta P < \Delta P_0$  расход жидкости через ограничитель расхода будет зависеть от  $\Delta P$ . При  $\Delta P > \Delta P_0$  расход жидкости станет предельным и равным  $Q_0$  (см. рисунок 3.8, б).

### 3.5 Делители (сумматоры) потока

Делителем потока называется клапан соотношения расходов, предназначенный для разделения одного потока рабочей жидкости на два и более равных потока независимо от величины противодействия в каждом из них. Делители потока применяют в гидроприводах машин, в которых требуется обеспечить синхронизацию движения выходных звеньев параллельно работающих гидродвигателей, преодолевающих неодинаковую нагрузку.

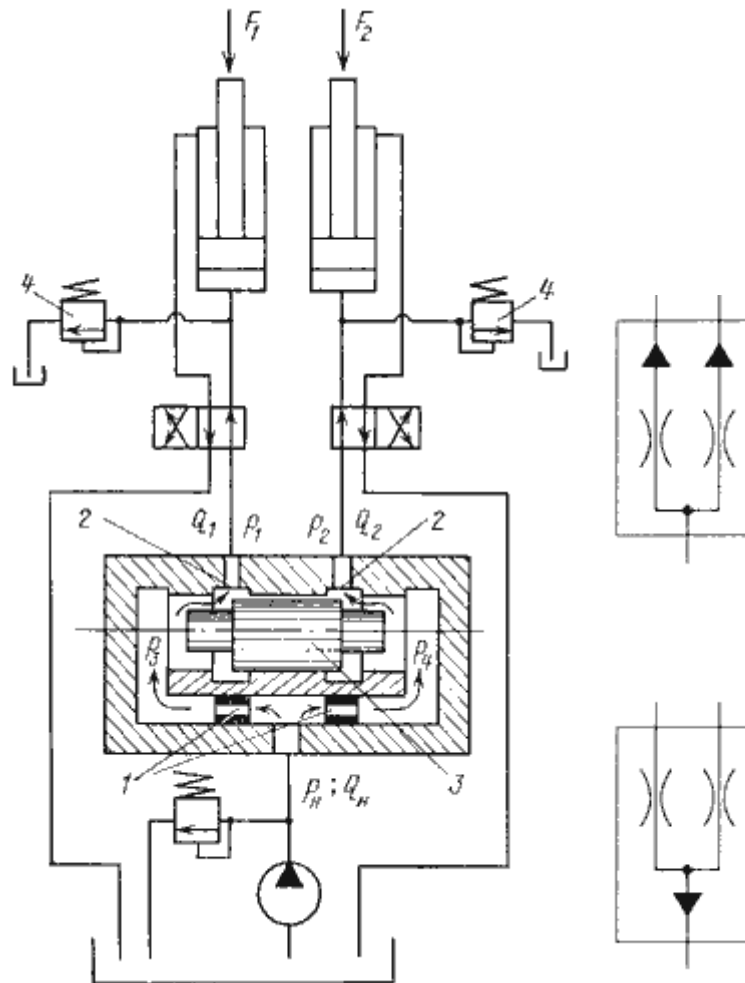


Рисунок 3.9 - Делитель потока: а - принципиальная схема; б - условное обозначение; в - условное обозначение сумматора потока

Делитель потока (рисунок 3.9) состоит из двух нерегулируемых дросселей 1 и двух дросселей 2, проходные сечения которых могут автоматически изменяться благодаря перемещению плунжера 3. При равенстве нагрузок ( $F_1 = F_2$ ) и площадей поршней гидроцилиндров давление  $P_1 = P_2$ , перепад давлений  $\Delta P = (P_3 - P_4) = 0$ , плунжер 3 делителя занимает среднее положение, а расходы в обеих линиях одинаковые. Если нагрузка на один из любых гидродвигателей изменится, то под действием возникшего перепада давлений у плунжера делителя он начнет смещаться из среднего

положения, изменяя одновременно проходные сечения дросселей 2. Перемещение прекратится, когда давления  $P_3$  и  $P_4$  выровняются. В этом положении плунжера расходы в обеих ветвях будут одинаковыми. Таким образом, поддержание равенства расходов в обеих ветвях осуществляется за счет дросселирования потока в той ветви, где гидродвигатель нагружен меньше.

Делитель потока может также быть и сумматором потока (рисунок 6.9, в). В этом случае в подводимых к нему двух трубопроводах поддерживается постоянный расход рабочей жидкости.

### 3.6 Дроссели и регуляторы расхода

Дроссели и регуляторы расхода предназначены для регулирования расхода рабочей жидкости в гидросистеме или на отдельных ее участках и связанного с этим регулирования скорости движения выходного звена гидродвигателя. Дроссели выполняются по двум принципиальным схемам.

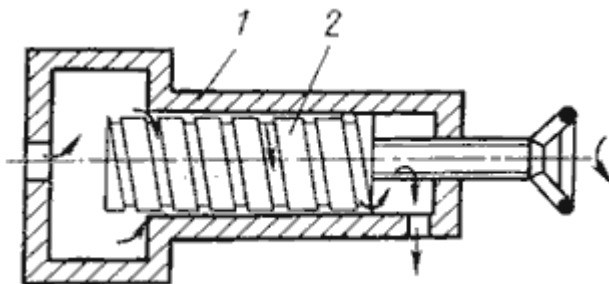


Рисунок 3.10 - Линейный дроссель: 1 - корпус; 2 - винт

*Линейные дроссели*, в которых потери давления пропорциональны расходу жидкости. В таких дросселях потери давления определяются потерями давления по длине. Изменяя длину канала, по которому движется жидкость, можно изменить потери давления и расход через дроссель. Примером линейного дросселя служит гидроаппарат с дроссельным каналом (рисунок 3.10).

В этом дросселе жидкость движется по винтовой прямоугольной канавке, длину которой можно изменять поворотом винта. Площадь живого сечения и длину канала устанавливают из условия получения в дросселе требуемого перепада давлений и исключения засоряемости канала механическими примесями, содержащимися в рабочей жидкости. В таких дросселях за счет увеличения длины канала можно увеличить площадь его живого сечения, исключив тем самым засорения дросселя во время его работы.

*Нелинейные дроссели* характеризуются тем, что режим движения жидкости через них турбулентный, а перепад давлений практически пропорционален квадрату расхода жидкости, поэтому такие дроссели часто называют квадратичными. В них потери давления определяются

деформацией потока жидкости и вихреобразованиями, вызванными местными сопротивлениями. Изменение перепада давления, а, следовательно, и изменение расхода жидкости через такие дроссели достигается изменением или площади проходного сечения, или числа местных сопротивлений.

В регулируемых (рисунок 3.11, а, б, в, г) и нерегулируемых (рисунок 3.11, д, е) нелинейных дросселях длина пути движения жидкости сведена к минимуму, благодаря чему потери давления и расход практически не зависят от вязкости жидкости и изменяются только при изменении площади рабочего проходного сечения. Максимальную площадь устанавливают из условия пропускания заданного расхода жидкости через полностью открытый дроссель, минимальную - из условия исключения засоряемости рабочего окна.

В пластинчатых дросселях (рисунок 3.11, е) сопротивление зависит от диаметра отверстия, которое, однако, можно уменьшить лишь до определенного предела ( $d_{min} > 0,5$  мм), ограничиваемого засоряемостью во время работы такого дросселя. Для получения большого сопротивления применяют пакетные дроссели с рядом последовательно соединенных пластин (рисунок 3.11, д). В таких дросселях расстояние между пластинами  $l$  должно быть не менее  $(3...5) d$ , а толщина пластин  $s$  не более  $(0,4...0,5) d$ .

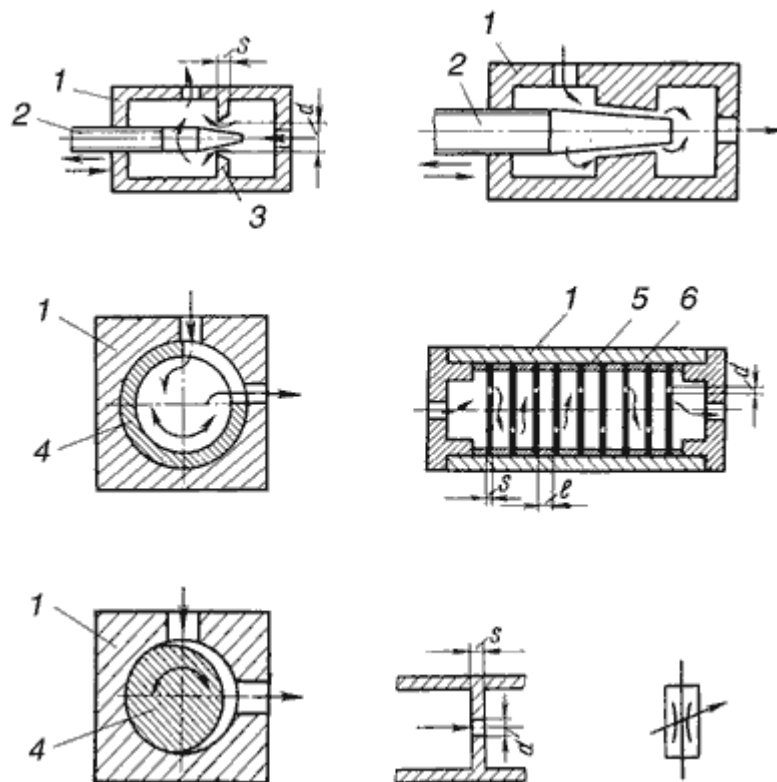


Рисунок 3.11 - Принципиальные схемы нелинейных дросселей: а - игольчатого; б - комбинированного; в - пробкового щелевого; г - пробкового эксцентричного; д - пластинчатого пакетного; е - пластинчатого; ж - условное обозначение регулируемого дросселя; 1 - корпус; 2 - игла; 3 - диафрагма; 4 - пробка; 5 - пластина; 6 - втулка

Суммарное сопротивление пластинчатого дросселя регулируется подбором пластин, а перепад давления определяется по формуле

$$\Delta P = \gamma \zeta_n \frac{v^2}{2g}$$

где  $\gamma$  - удельный вес жидкости;  $\zeta$  - коэффициент местного сопротивления отверстия;  $n$  - число пластин;  $v$  - средняя скорость потока жидкости в проходном отверстии пластины.

К нелинейным дросселям относятся также и *комбинированные дроссели*, в которых потери давления по длине и местные потери соизмеримы между собой по величине и в равной мере оказывают влияние на расход жидкости через дроссель (рисунок 3.11, б). На характеристику комбинированных дросселей влияет вязкость рабочих жидкостей. Поэтому такие дроссели целесообразно применять в гидросистемах, в которых температура рабочей жидкости изменяется в небольших пределах.

Для определения расхода жидкости через дроссель пользуются формулой

$$Q = \mu \omega \sqrt{2g \frac{\Delta P}{\gamma}}$$

где  $\omega$  - площадь проходного сечения дросселя;  $\Delta P$  - перепад давлений у дросселя;  $\mu$  - коэффициент расхода, зависящий от конструкции дросселя, числа Рейнольдса, формы и размеров отверстия.

Важной характеристикой дросселей является их равномерная и устойчивая работа при малых расходах. Однако устойчивая работа дросселя возможно при уменьшении площади до определенного предела, ниже которого расход становится нестабильным. Это объясняется *облитерацией* - зарастиванием проходного отверстия.

Сущность облитерации заключается в том, что в микронеровностях узких каналов задерживаются и оседают твердые частицы, содержащиеся в рабочей жидкости. Если размеры частиц, загрязняющих жидкость, соизмеримы с размером рабочего окна, то может произойти полное его зарастивание и прекращение расхода жидкости через дроссель. При увеличении площади рабочего окна расход жидкости восстанавливается.

Причиной облитерации рабочего окна может быть не только недостаточная очистка рабочей жидкости, но и адсорбция поляризованных молекул рабочей жидкости на стенках щели. Адсорбируемые молекулы образуют многорядный слой, толщина которого может достигать 10 мкм. Этот слой способен сопротивляться значительным нормальным и сдвигающим нагрузкам. В конечном итоге происходит постепенное уменьшение площади живого сечения рабочего окна, а при малых значениях и полное его зарастивание. Соответственно уменьшается до нуля и расход жидкости через дроссель. При страгивании с места запорного элемента

дросселя адсорбционный слой молекул разрушается, а первоначальный расход восстанавливается.

Поэтому, чтобы добиться малого расхода в ответственных гидросистемах, применяют специальные конструкции дросселей. В таких дросселях рабочему органу (игле, пробке, диафрагме и т.д.) сообщаются непрерывные вращательные или осциллирующие движения. Благодаря этим движениям на рабочей поверхности проходного окна дросселя не образуется слоя адсорбированных молекул и не происходит зарастивание щели.

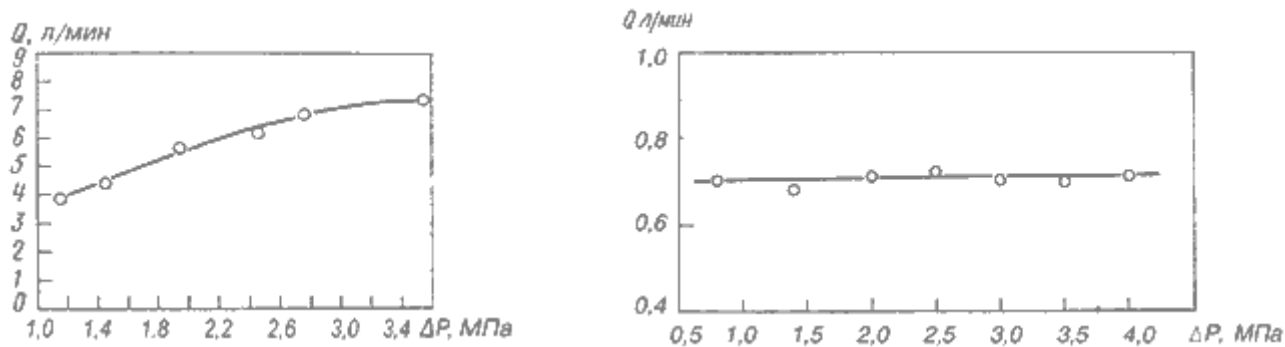


Рисунок 3.12 - Проливочные характеристики: а - дросселя Г77-11; б - регулятора расхода Г55-21

Недостатком дросселей является неравномерность расхода, вызванная изменением перепада давлений у дросселя. На рисунке 3.12, а приведена проливочная характеристика дросселя Г77-11  $Q = f(\Delta P)$ , из которой видно, что с изменением перепада давлений (вызванного, например, изменением нагрузки на гидродвигатель)

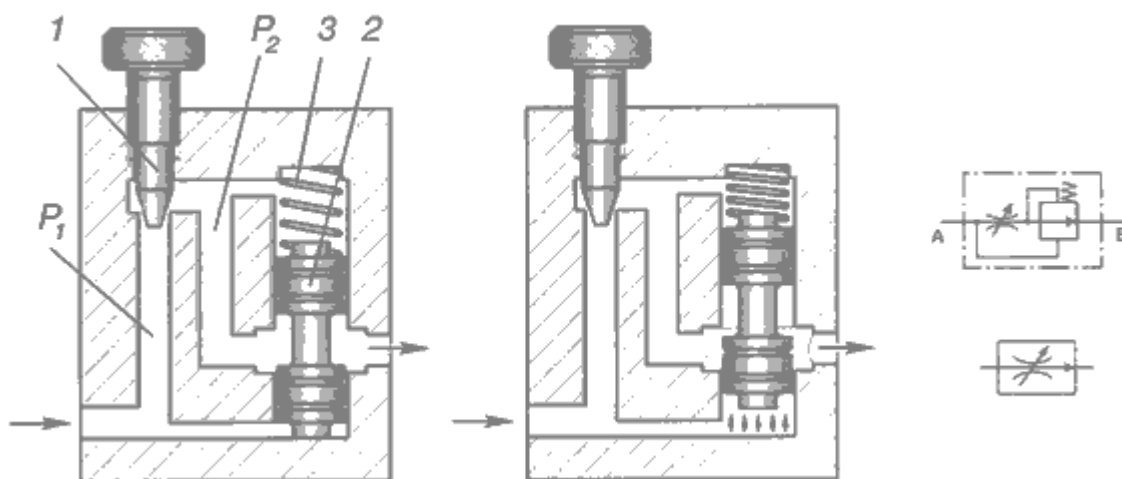


Рисунок 3.13 - Конструкция регулятора расхода Г55-21

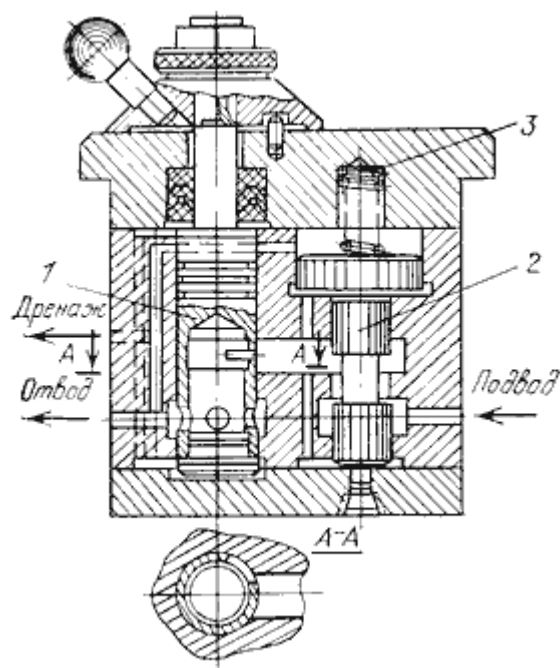


Рисунок 3.14 – Конструкция регулятора расхода Г55-21

Для частичного или полного устранения неравномерности расхода применяют регуляторы расхода, в которых перепад давлений в дросселе  $\Delta P$  во время его работы поддерживается примерно постоянным. Конструктивно этот аппарат состоит из последовательно включенных редукционного клапана и дросселя. Расход жидкости через регулятор устанавливается дросселем 1, а постоянство перепада давлений на дросселе - редукционным клапаном 2 (рисунок 3.13). При увеличении расхода  $Q$  через дроссель увеличивается перепад давлений  $\delta P = P_1 - P_2$ , который вызывает смещение вверх запорно-регулирующего элемента клапана. Проходное сечение уменьшается, и при этом расход на выходе из регулятора будет уменьшен. Благодаря постоянству перепада давлений у дросселя расход жидкости через регулятор и скорость движения выходного звена гидродвигателя не изменяются при изменении нагрузки. Вид проливочной характеристики  $Q = f(\Delta P)$  регулятора расхода Г55-21 приведен на рисунок 3.12, б, а его конструкция на рисунок 3.14.

При работе гидропривода вследствие изменения коэффициента расхода  $\mu$ , вызванного колебаниями температуры рабочей жидкости, расход через регулятор все же изменяется. Для серийных конструкций регуляторов это изменение составляет 10-12%.

### 3.7 Гидрораспределители

При эксплуатации гидросистем возникает необходимость изменения направления потока рабочей жидкости на отдельных ее участках с целью изменения направления движения исполнительных механизмов машины, требуется обеспечивать нужную последовательность включения в работу

этих механизмов, производить разгрузку насоса и гидросистемы от давления и т.п.

Эти и некоторые другие функции могут выполняться специальными гидроаппаратами - *направляющими гидрораспределителями*.

При изготовлении гидрораспределителей в качестве конструктивных материалов применяют стальное литье, модифицированный чугун, высоко- и низкоуглеродистые марки сталей, бронзу. Для защиты отдельных элементов распределителей от абразивного износа, поверхности скольжения цементируют, азотируют и т.п.

Размеры и масса гидрораспределителей зависят от расхода жидкости через них, с увеличением которого они увеличиваются.

**По способу присоединения** к гидросистеме гидрораспределители выпускают в трех исполнениях: *резьбового, фланцевого и стыкового* присоединения. Выбор способа присоединения зависит от назначения гидрораспределителя и расхода через него рабочей жидкости.

**По конструкции запорно-регулирующего элемента** гидрораспределители подразделяются следующим образом:

**Золотниковые** (запорно-регулирующим элементом является золотник цилиндрической или плоской формы). В золотниковых гидрораспределителях изменение направления потока рабочей жидкости осуществляется путем осевого смещения запорно-регулирующего элемента.

**Крановые** (запорно-регулирующим элементом служит кран). В этих гидрораспределителях изменение направления потока рабочей жидкости достигается поворотом пробки крана, имеющей плоскую, цилиндрическую, коническую или сферическую форму.

**Клапанные** (запорно-регулирующим элементом является клапан). В клапанных распределителях изменение направления потока рабочей жидкости осуществляется путем последовательного открытия и закрытия рабочих проходных сечений клапанами (шариковыми, тарельчатыми, конусными и т.д.) различной конструкции.

**По числу фиксированных положений золотника** гидрораспределители подразделяются: на двухпозиционные, трехпозиционные и многопозиционные.

**По управлению** гидрораспределители подразделяются на гидроаппараты с ручным, электромагнитным, гидравлическим или электрогидравлическим управлением. Крановые гидрораспределители используются чаще всего в качестве вспомогательных в золотниковых распределителях с гидравлическим управлением.

### ***Золотниковые гидрораспределители***

Запорно-регулирующим элементом золотниковых гидрораспределителей является цилиндрический золотник 1, который в зависимости от числа каналов (подводов) 3 в корпусе 2 может иметь один, два и более поясков (рисунок 3.15, а). На схемах гидрораспределители

обозначают в виде подвижного элемента, на котором указываются линии связи, проходы и элементы управления. Рабочую позицию подвижного элемента изображают квадратом (прямоугольником), число позиций соответствует числу квадратов (рисунок 3.15, б).

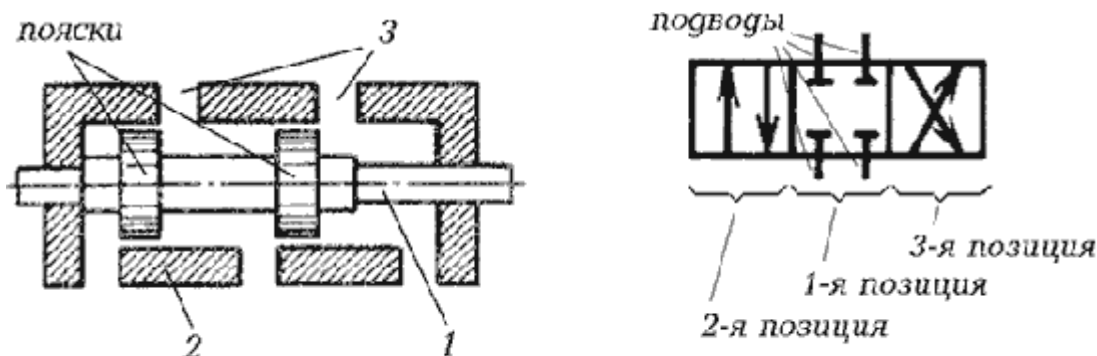


Рисунок 3.15 - Схема (а) и обозначение (б) гидрораспределителя

Рассмотрим принцип работы распределителя (рисунок 3.16). В первой (исходной) позиции все линии *A*, *B*, *P* и *T*, подходящие к распределителю разобщены, т.е. перекрыты (рисунок 3.16, а). При смещении золотника влево распределитель переходит во вторую позицию, в которой попарно соединены линии *P* и *A*, *B* и *T* (рисунок 3.16, б). При смещении золотника вправо - в третью, где соединяются линии *P* и *B*, *A* и *T* (рисунок 3.16, в). Такой распределитель часто называют реверсивным, так как он используется для остановки и изменения направления движения исполнительных органов.

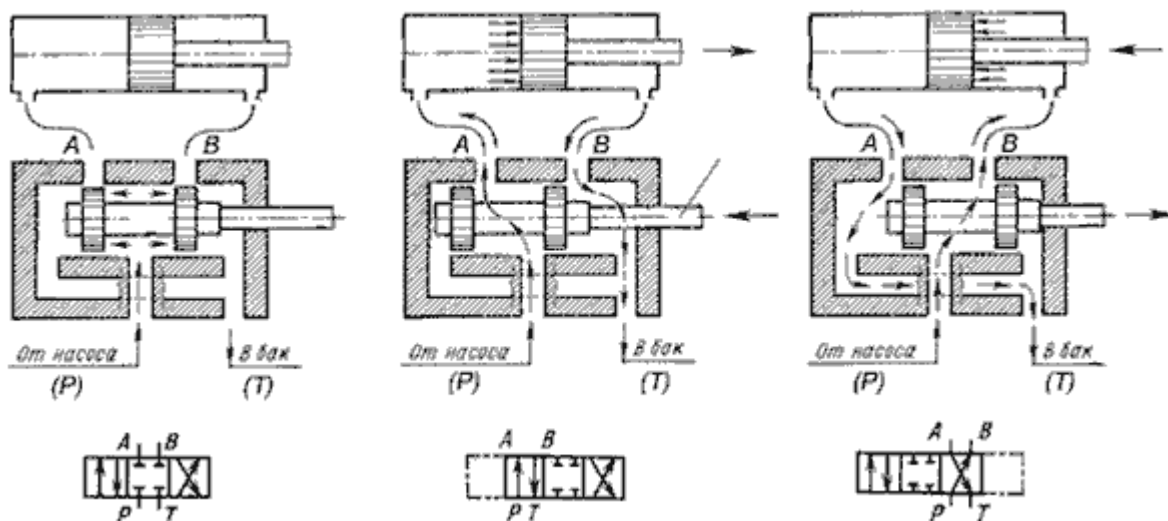


Рисунок 3.16 - Схема работы золотникового гидрораспределителя.

В зависимости от числа подводов (линий, ходов) распределители могут быть двухходовые (двухлинейные); трехходовые (трехлинейные), четырех- и многоходовые. В соответствии с этим в обозначениях гидрораспределителей первая цифра говорит о числе подводов. Например, из обозначения

гидрораспределителя "4/2" можно понять, что он имеет 4 подвода, т.е. он четырехходовой (четырёхлинейный).

Вторая цифра в обозначении говорит о числе позиций. То же обозначение распределителя "4/2" говорит, что у него две позиции.

Примеры обозначения распределителей приведены на рисунок 3.17.

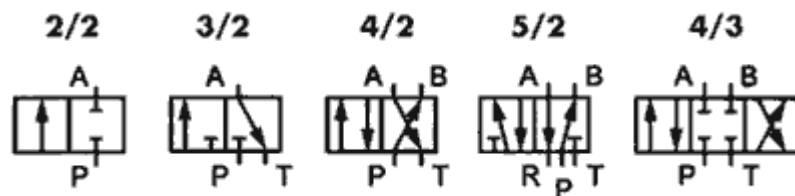



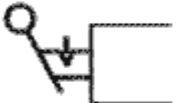


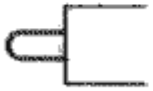









Рисунок 3.17 - Примеры обозначения типов распределителей.

Управление положением золотника распределителя может быть нескольких типов. Подробные способы управления представлены в таблица 3.1.

Таблица 3.1 - Виды управления распределителями

Условное обозначение	Описание
<b><i>Управление мускульной силой</i></b>	
	без уточнения типа
	ручное кнопкой
	ручное рычагом
	ручное рычагом с фиксацией
	ручное поворотной рукояткой
	ножное педалью
<b><i>Управление механическим воздействием</i></b>	
	от толкателя
	от ролика
	от ролика с ломающимся рычагом
	от пружины
<b><i>Управление давлением</i></b>	
	прямое гидравлическое нагружением
	прямое пневматическое нагружением
	прямое гидравлическое разгрузением
	

Устройство ручного гидрораспределителя 4/3 и его условного обозначения представлено на рисунке 3.18. Переключение позиций распределителя осуществляется рукояткой 1, которая при помощи серьги 2 шарнирно присоединяется к золотнику 10. С корпусом 6 рукоятка шарнирно соединена с ушком 11. Для фиксации каждого положения золотника служит шариковый фиксатор 9, помещенный в задней крышке 8. Утечки жидкости по золотнику со стороны передней крышки 3 исключаются манжетным уплотнением. Рабочая жидкость подводится к отверстию 5, а отводится через отверстие 4. Канал 7 дренажный, служит для отвода утечек.

На рисунке 3.19 изображен гидрораспределитель с электрогидравлическим управлением и его условное обозначение. Он состоит из основного гидрораспределителя 2 с гидравлическим управлением и вспомогательного гидрораспределителя 1 с электромагнитным управлением. Основной гидрораспределитель управляет потоком рабочей жидкости гидросистемы, а вспомогательный регулирует поток управления. Такие гидрораспределители применяют в гидроприводах с дистанционным и автоматическим управлением при больших расходах и высоком давлении в гидросистеме, когда применение гидрораспределителей с электромагнитным управлением невозможно.

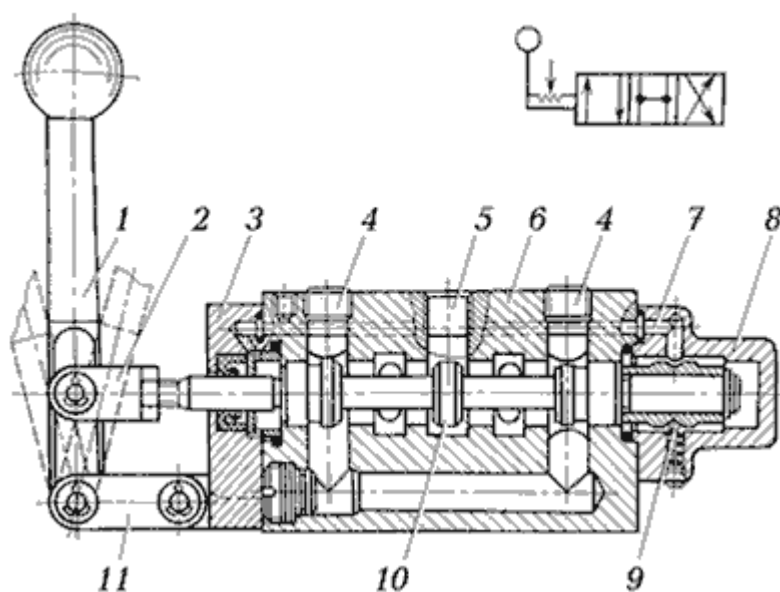


Рисунок 3.18 - Гидрораспределитель с ручным управлением

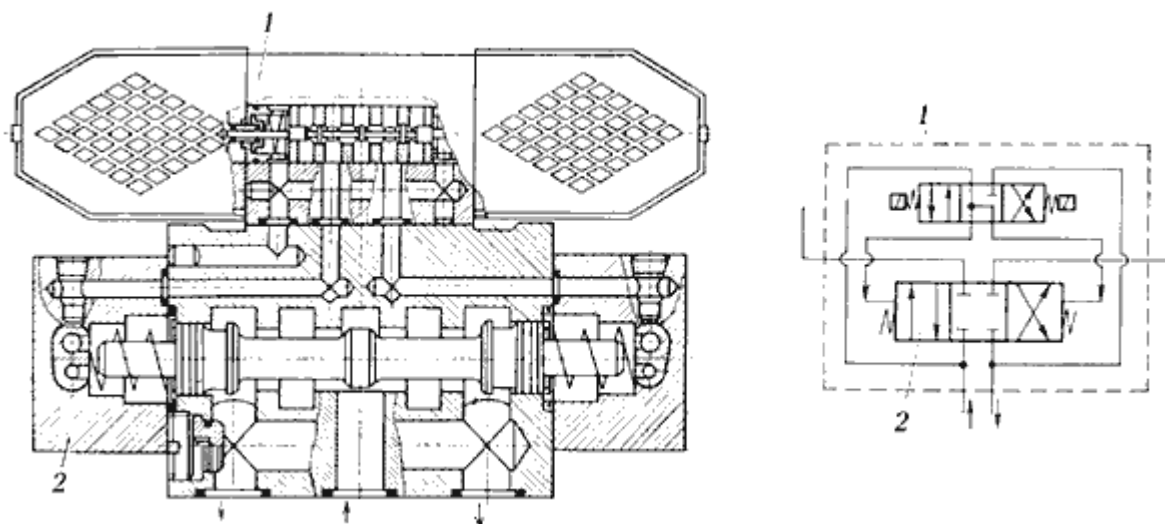


Рисунок 3.19 - Гидрораспределитель с электрогидравлическим управлением

В зависимости от числа золотников гидрораспределители подразделяют на распределители с одним и несколькими золотниками. В последнем случае распределители могут быть моноблочными или секционными. Секции распределителя соединяют между собой болтами. На рисунок 3.20 представлен моноблочный гидрораспределитель.

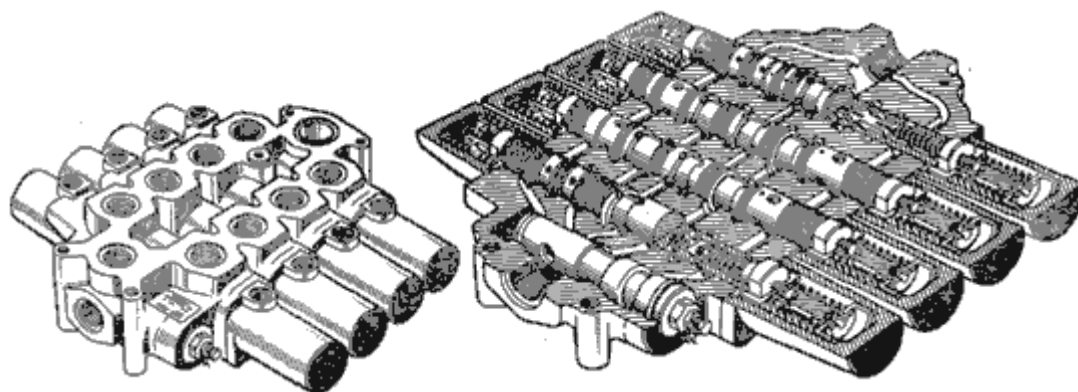


Рисунок 3.20 - Общий вид (а) и продольный разрез (б) моноблочного четырехзолотникового гидрораспределителя.

Золотники гидрораспределителя могут выполняться в трех исполнениях (рисунок 3.21).

*Золотники с положительным осевым перекрытием* (рисунок 3.21, а) имеют ширину поясков  $b$  больше, чем ширину проточки с или диаметр рабочих окон в корпусе. При нейтральном положении золотника такого гидрораспределителя напорная гидролиния отделена от линий, соединяющих полости гидродвигателя и слива. Величина перекрытия  $\Pi = (b - c) / 2$  зависит от диаметра золотника: при  $d = 10 \dots 12$  мм перекрытие принимают равным  $1 \dots 2$  мм; при  $d$  до 25 мм -  $3 \dots 5$  мм; при  $d$  до 50 мм -  $6 \dots 8$  мм. Золотники с положительным осевым перекрытием позволяют фиксировать положение исполнительного механизма. Недостатком является наличие у них зоны

нечувствительности, определяемой величиной осевого перекрытия: в пределах этой зоны при перемещении золотника расход жидкости через гидрораспределитель равен нулю, а исполнительный механизм не движется, несмотря на подаваемый к золотнику сигнал управления.

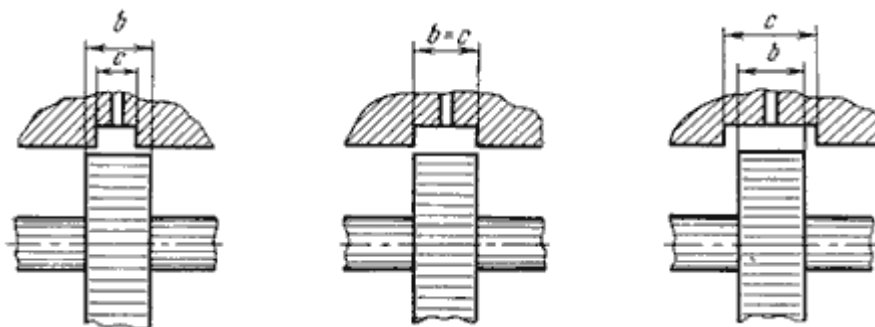


Рисунок 3.21 - Конструктивные исполнения золотников

*Золотники с нулевым осевым перекрытием* (рисунок 3.21, б) имеют ширину пояска  $b$  равную ширине проточки  $c$  или диаметру рабочих окон, а осевое перекрытие  $P=0$ . Такие золотники не имеют зоны нечувствительности и наилучшим образом удовлетворяют требованиям следящих гидросистем. Однако изготовление таких золотников связано со значительными технологическими трудностями.

*Золотники с отрицательным осевым перекрытием* (рисунок 3.21, в), у которых  $b < c$ ; при нейтральном положении их напорная гидролиния соединена со сливом и с обеими полостями гидродвигателя. При этом жидкость через зазоры непрерывно поступает на слив, а в обеих полостях гидродвигателя устанавливается одинаковое давление. В гидрораспределителях с таким золотником зона нечувствительности сводится к минимуму, но из-за слива рабочей жидкости часть мощности теряется. Кроме этого, гидросистема с таким золотником будет иметь меньшую жесткость, так как из-за перетекания жидкости через начальные зазоры в золотнике будет переходить смещение исполнительного механизма при изменении преодолеваемой нагрузки.

### ***Крановые гидрораспределители***

В крановых гидрораспределителях изменение направления потока рабочей жидкости достигается поворотом пробки, имеющей плоскую, цилиндрическую, сферическую или коническую форму.

На рисунке 3.22 показана схема включения распространенного кранового распределителя в систему управления силовым цилиндром. Пробка крана имеет два перпендикулярных, но не пересекающихся отверстия. Она может занимать два и больше угловых положения.

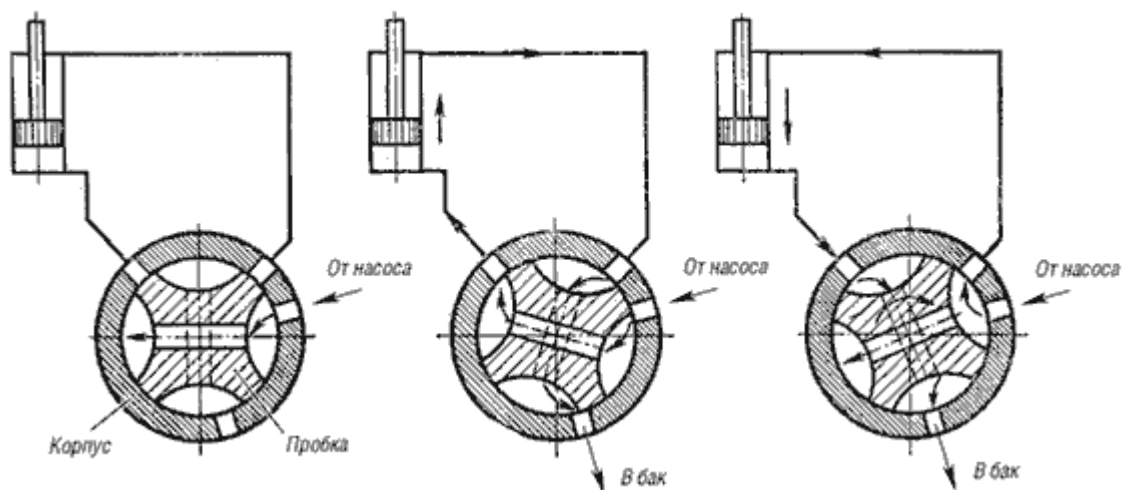


Рисунок 3.22 - Схемы включения в гидросистему пробкового крана.

Серийный двухпозиционный крановый гидрораспределитель Г71-3 (рисунок 3.23) с цилиндрической пробкой состоит из корпуса 3, фланца 5, крышки 1, пробки 2, уплотнения 4, ступицы 7, рукоятки 8 и шарикового фиксатора 6. В положении пробки крана, указанном на рисунке, жидкость через отверстие 17 поступает в камеру 16; из нее через канал 18 в пробке крана (показан пунктиром) - в камеру 12 и далее через отверстие 11 в корпусе к гидродвигателю или к другому управляемому объекту. Из другой полости гидродвигателя жидкость поступает в отверстие 9, далее в камеру 10 и через канал 13 в камеру, которая отверстием 15 в корпусе крана соединена со сливом. При повороте пробки крана по часовой стрелке на угол 45 происходит изменение направления потока рабочей жидкости.

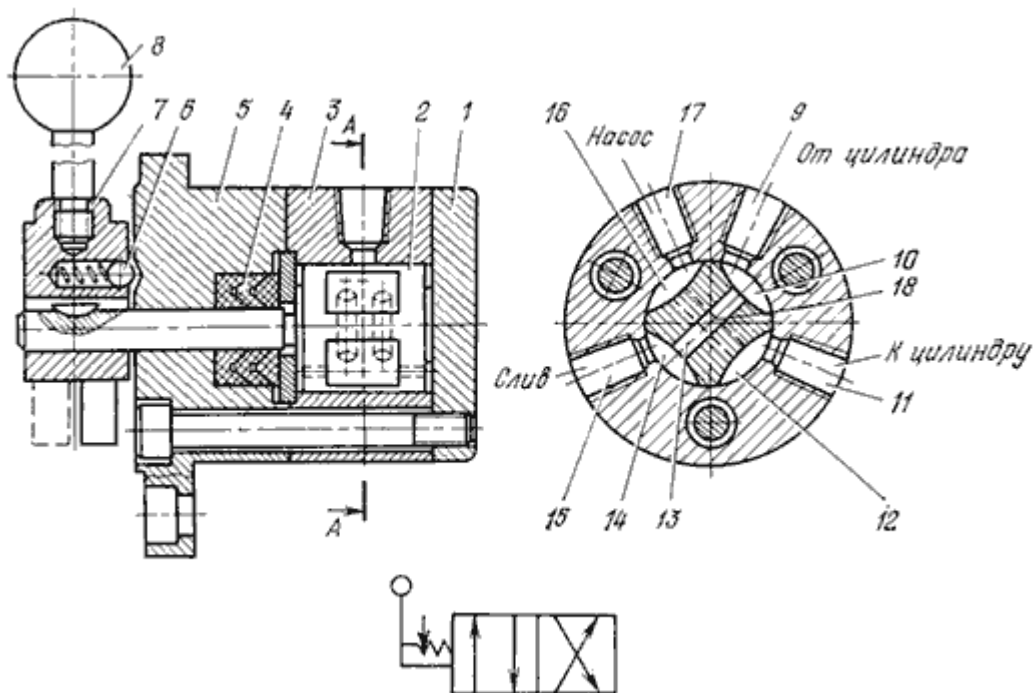


Рисунок 3.23 - Крановый гидрораспределитель и его условное обозначение.

Герметичность кранового гидрораспределителя обеспечивается за счет притирки пробки к корпусу крана. Для кранов с цилиндрической пробкой зазор между пробкой и корпусом принимают равным 0,01-0,02 мм. В этих кранах вследствие износа пробки и корпуса зазор между ними, а следовательно, и утечка рабочей жидкости с течением времени увеличиваются, что является недостатком такого кранового распределителя. Такого недостатка нет в крановых гидрораспределителях с конической пробкой.

Крановые гидрораспределители чаще всего применяют в качестве вспомогательных в золотниковых гидрораспределителях с гидравлическим управлением.

### ***Клапанные гидрораспределители***

В гидросистемах некоторых машин применяют также клапанные распределители, которые просты в изготовлении и надежны в эксплуатации, а также могут обеспечить высокую герметичность.

Затвора клапанов приводят в действие ручными, механическими и электротехническими устройствами. Из ручных устройств наиболее распространены клапаны с качающимся рычагом, схема которого для питания одной полости гидродвигателя приведена на рисунок 3.24, а.

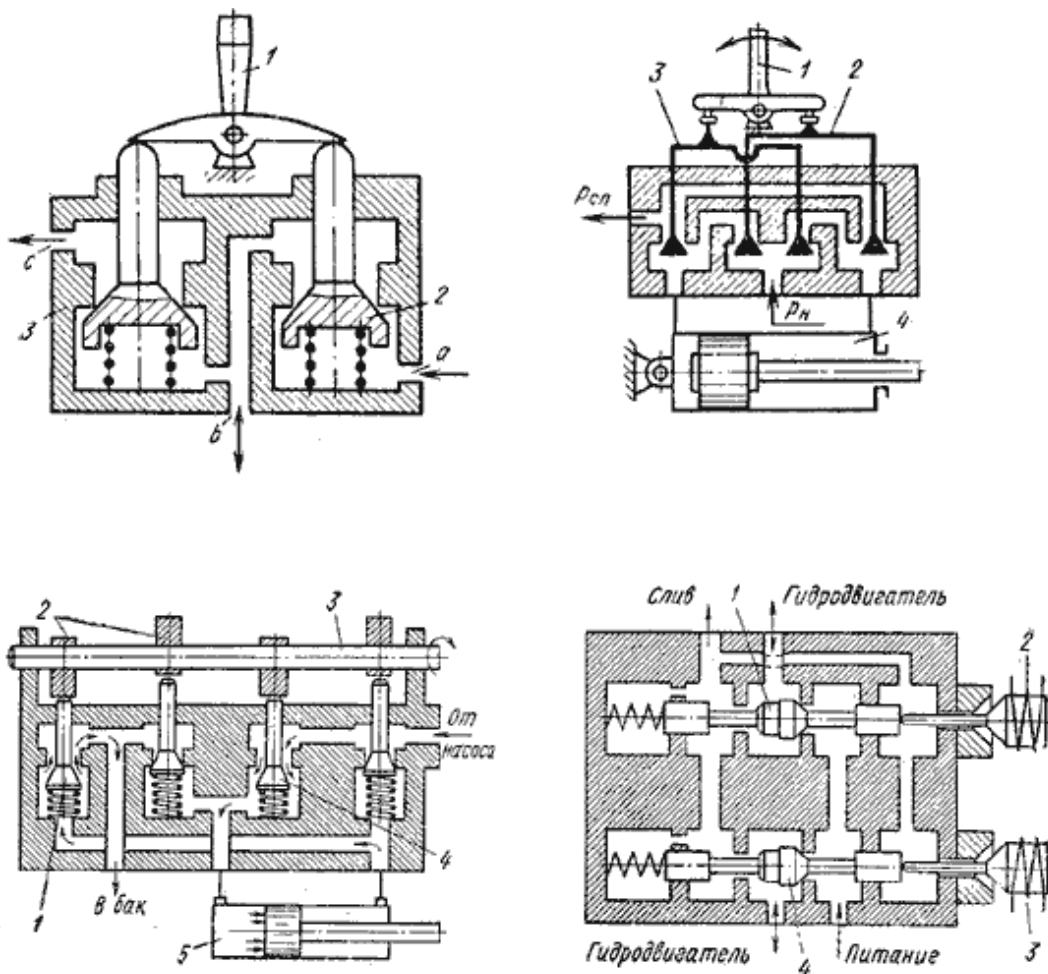


Рисунок 3.24 - Клапанные распределители: а, б - с качающимся рычагом; в - с кулачковым приводом; г - с электромагнитным приводом

В клапанном распределителе (см. рисунок 3.24, а) в нейтральном (среднем) положении качающегося рычага 1 оба клапана 2 и 3 находятся в своих гнездах; в этом положении клапанов канал в гидродвигателя отсоединен как от канала а, связанного с насосом, так и от канала с, связанного с баком. При повороте рычага 1 вправо с гидродвигателем соединяется канал а насоса, при повороте влево - канал с бака.

Схема четырехходового клапанного распределителя представлена на рисунке 3.24, б. При повороте рукоятки 1 перемещается та или другая пары клапанов 2 или 3, обеспечивая подвод (отвод) жидкости к соответствующей полости силового цилиндра 4.

Распространены также клапаны с кулачковым приводом (рисунок 3.24, в). На валике 3 находятся четыре кулачка 2, соответствующим образом ориентированные один относительно другого. При повороте валика кулачки воздействуют на штоки соответствующего конусного затвора 1, обеспечивая подвод рабочей жидкости в полости илового цилиндра 5 и ее отвод. В положении, показанном на рассматриваемом рисунке, жидкость от канала, связанного с насосом, поступает через открытый (утопленный) затвор 4 в левую полость силового цилиндра 5 и удаляется в бак из правой полости цилиндра через клапан. Остальные два затвора находятся в своих седлах. При повороте валика вступают в действие эти затворы, обеспечивая подвод жидкости в правую полость цилиндра 5 и отвод ее из левой полости.

На рисунке 3.24, г представлена схема трехпозиционного клапанного распределителя прямого действия с двумя клапанами 1 и 4, управляемыми электромагнитами 2 и 3. При выключенных электромагнитах оба клапана прижаты пружинами к своим седлам. При этом магистраль нагнетания перекрыта, а полости гидродвигателя соединены со сливом.

При включении электромагнита 2 клапан 1, сжимая пружину, переместится в крайнее левое положение и прижмется к левому седлу. В этом положении одна из полостей потребителя соединится с напорной магистралью. При включенном электромагните 3 и выключенном электромагните 2 сработает клапан 4, соединив вторую полость потребителя с магистралью нагнетания.